

Antonio Almagro Gorbea y Gerardo López Hernández

SISTEMAS TOPOGRÁFICOS PARA MEDICIONES EN ARQUITECTURA

Y

MANUAL DE USO DEL PROGRAMA

CALCO

SISTEMAS TOPOGRÁFICOS

La determinación de la forma real de un objeto no es labor sencilla, y máxime cuando el objeto presenta dificultades intrínsecas como puede ser su tamaño o su propia forma. En general la adecuada definición de sus formas nos obliga a considerarlo como objeto tridimensional y a realizar su medición mediante sistemas que nos proporcionen la ubicación en el espacio de sus distintos elementos, es decir, que nos permita conocer las tres coordenadas cartesianas de los distintos puntos que definen su forma.

La medición y levantamiento planimétrico de edificios y construcciones ya existentes plantea generalmente dificultades debido a la inaccesibilidad de muchas partes. En los edificios históricos, esta inaccesibilidad suele ser especialmente acusada por el gran tamaño de los espacios y estructuras, siendo muy elevada su altura. Las técnicas habituales de medición, basadas en el empleo de simples dispositivos de medición lineal (cintas métricas), combinadas con dispositivos para el control de la verticalidad (plomadas y niveles de albañil y agua), además de no darnos información tridimensional clara de los elementos medidos, exigen poder acceder a los puntos extremos entre los que se realiza la medición. Por ello, en trabajos complejos y en los casos en que no es posible este acceso, se hace preciso acudir a técnicas instrumentales que mediante el concurso de aparatos o equipos más o menos sofisticados, nos permiten la medición a distancia sin tener necesidad de acceder físicamente a los puntos de estudio. Gracias a estos métodos se trabaja en coordenadas espaciales con lo que se tiene siempre a mano datos del volumen y espacio en lugar de datos puramente planos.

También si vamos a realizar trabajos fotogramétricos, generalmente, es necesario la obtención de las coordenadas de algunos puntos de control, para su utilización en el proceso denominado orientación. Para la obtención de estos datos en la mayoría de los casos se recurre a técnicas de medición a distancia.

Estas técnicas instrumentales de medición se basan fundamentalmente en la determinación de la dirección y la distancia a la que se encuentran los puntos del objeto con respecto a aquellos desde los que se realizan las mediciones.

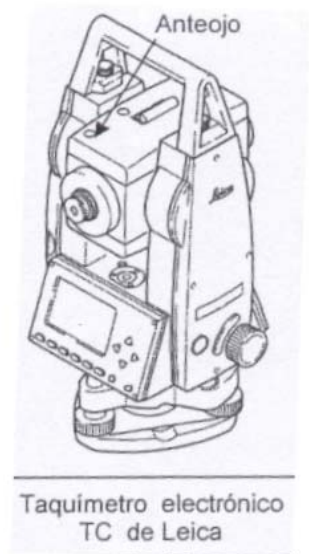
Para la determinación de estos datos se recurre al concurso de unos aparatos topográficos denominados taquímetros.

TAQUÍMETROS

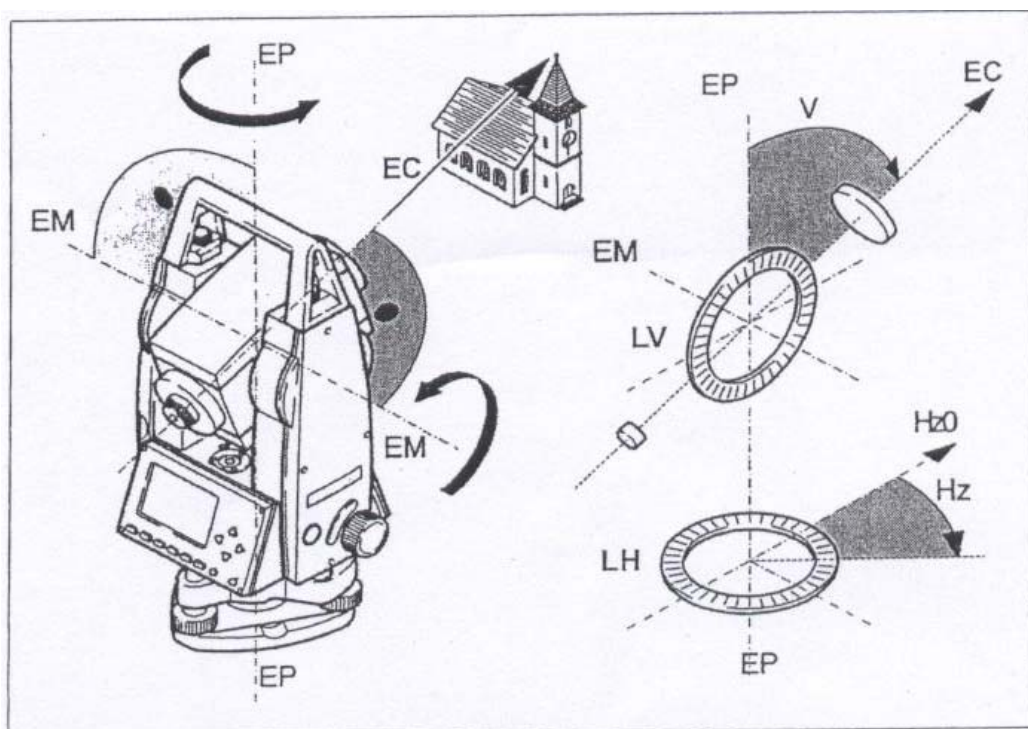
Son instrumentos que nos permiten medir la dirección deseada en base a dos medidas angulares, una horizontal o azimuth y otra vertical, también llamada cenital. Esta medición se realiza gracias a unos elementos llamados limbo vertical y horizontal (círculos graduados) que incorporan los taquímetros.

El taquímetro además de los dos limbos consta de un anteojo que nos permite visualizar el punto a medir. La metodología de trabajo es muy simple:

1. Observaremos el punto deseado mediante el anteojo,
2. La dirección de la visual será la dirección del punto a medir, definida como hemos dicho, gracias a la lectura del ángulo horizontal (azimut) y del ángulo vertical.



En la siguiente figura observamos los diferentes ejes sobre los que puede girar el instrumento y las diferentes lecturas angulares que se realizan.



EP: Eje principal o eje de giro horizontal. Es el eje vertical sobre el que gira el taquímetro.

EM: Eje de muñones o secundario. Es el eje horizontal sobre el que gira el anteojo.

EC: Eje de colimación o de puntería. Es el eje de la visual: la dirección que deamos conocer.

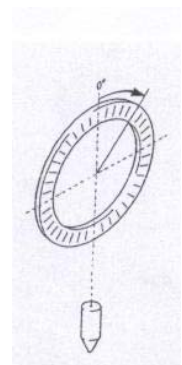
UH: Limbo horizontal.

H₀: Cero del limbo horizontal, comienzo del círculo graduado que define la dirección del eje Y del sistema de coordenadas. Éste se puede ubicar en la posición que se desee. Los ángulos crecen en el sentido de las agujas del reloj.

H_z: Azimut. Ángulo horizontal definido del eje de puntería (EC) sobre el plano horizontal.

LV: Limbo vertical, como norma general el origen (0°) se encuentra en el cenit, es decir, en la vertical, con sentido ascendente,

V: Ángulo vertical, también llamado cenital.



Estos aparatos además de las lecturas de ángulos también nos permiten conocer la distancia a la que se encuentra el punto. Los taquímetros analíticos permitían este cálculo gracias a la utilización de unos anteojos denominados estadimétricos.

Sin embargo, hoy en día existen los taquímetros electrónicos denominados estaciones totales. Estos aparatos además de realizar una lectura digital de los limbos, incorporan unos distanciómetros con los cuales, sirviéndose de un prisma o diana reflectante, realizan automáticamente la medición de distancias. El prisma se coloca sobre el punto cuyas coordenadas deseamos conocer, la estación emite un rayo infrarrojo que se refleja en el prisma y vuelve a la estación, la cual mide el tiempo que tarda en efectuarse este recorrido de ida y vuelta, calculando la distancia a la cual se encuentra.

Existen algunas estaciones que utilizan un distanciómetro láser por lo que no precisan de prisma ni diana reflectante para la medición de distancias. El aparato emite un rayo láser que rebota en el elemento que estamos observando y vuelve a la estación.

Con las estaciones totales realizamos el mismo trabajo que con el taquímetro convencional, pero con mayor rapidez gracias a que no tenemos que anotar los datos de cada punto y realizar posteriormente el cálculo de sus coordenadas. Tanto las lecturas de ángulos como de distancias se hacen de manera electrónica. Estos datos se almacenan en la memoria que estos aparatos tienen, calculando directamente las coordenadas de los puntos medidos en referencia a las que hayamos designado al punto de estación (punto donde se encuentra ubicado el aparato). También suelen estar dotados de un hardware que nos permite pasar directamente todos los datos obtenidos en el campo al ordenador evitando el tedioso trabajo de introducción manual y los posibles errores que podemos introducir.

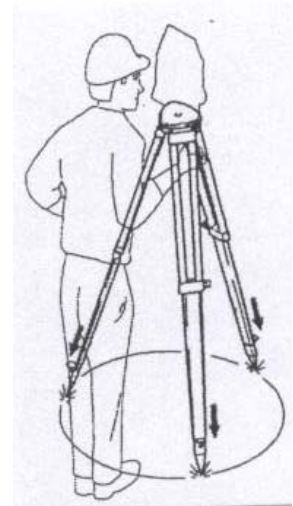
ESTACIONAMIENTO

Se denomina estacionamiento a la colocación del taquímetro en el terreo sobre el punto de estación para comenzar a realizar las mediciones pertinente.

Para manejar cómodamente los instrumentos, éstos se deben situar a la altura del operador. Para conseguirlo utilizamos un trípode, formado por tres pies extensibles que sostienen una plataforma donde colocaremos el instrumento.

Por lo tanto el primer paso del estacionamiento consistirá en la colocación del trípode. Para ello:

1. Con las tres patas juntas aflojaremos los tornillos de éstas hasta situar la plataforma aproximadamente a la altura de nuestra barbilla. Apretaremos los tornillos.
2. Abriremos las patas lo suficiente como para asegurar la estabilidad del trípode.
3. Si el terreno lo permite clavaremos las patas en el suelo impidiendo un posible vuelco.

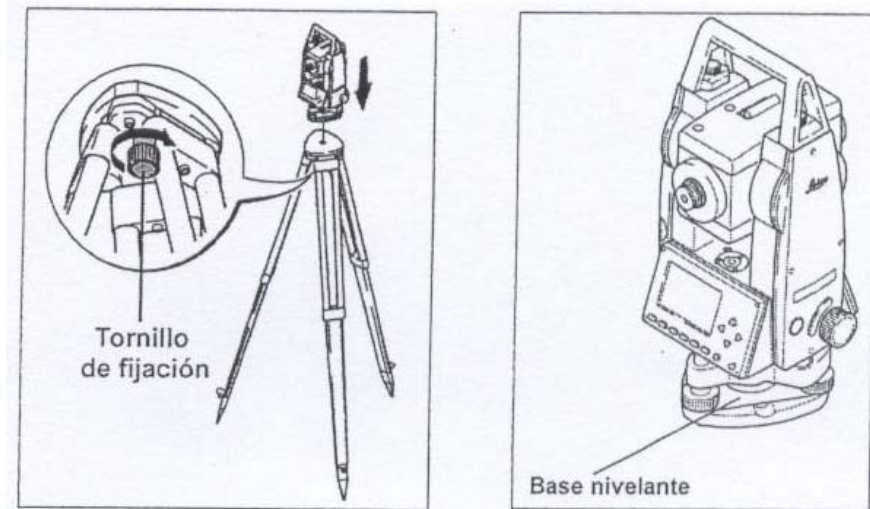


Sí estamos trabajando sobre un suelo compacto, lógicamente no podremos clavar las patas para asegurar la estabilidad. En estos casos recurriremos a unos elementos llamados arañas que consisten en tres cadenas unidas en un punto común que colocaremos en las patas, evitando de esta forma que se vayan a abrir produciendo la caída del aparato.

4. Al colocar el trípode debemos dejar la plataforma en una posición aproximadamente horizontal. Si no fuera así subiremos o bajaremos las patas de manera alternativa. Para ello simplemente aflojaremos el tornillo de bloqueo de la pata bajándola o subiéndola a la altura que consideremos necesaria.

Una vez colocado el trípode fijaremos el taquímetro sobre éste:

5. Como podremos observar la estación tiene una base nivelante en su parte inferior provista de un orificio a la cual enroscaremos el tornillo de fijación de la plataforma del trípode.



El taquímetro viene provisto de un nivel esférico. Este nivel consta de una caja metálica cilíndrica y un vidrio en forma de casquete esférico que en su centro lleva grabada una circunferencia. Su interior contiene un líquido que no llena su totalidad, formando por tanto una burbuja. Cuando la burbuja se encuentre en el interior de la circunferencia central nos indicará que el aparato se encuentra en posición horizontal, estando el instrumento nivelado.

6. Para la nivelación observaremos la posición que ocupa la burbuja en el nivel. Como podemos deducir la burbuja de aire se colocará en la zona más alta. Para nivelar simplemente debemos aflojar el tornillo de la pata del trípode opuesta a la burbuja y subirla suavemente. Veremos como la burbuja se desplaza, aunque posiblemente no se coloque en el centro si no que se enfrente a otra pata. Apretaremos el tornillo sobre el que hemos actuado y realizaremos el mismo proceso sobre la pata a la cual se ha enfrentado la burbuja. Repetiremos este proceso tantas veces sea necesario hasta que coloquemos la burbuja en el centro del nivel.

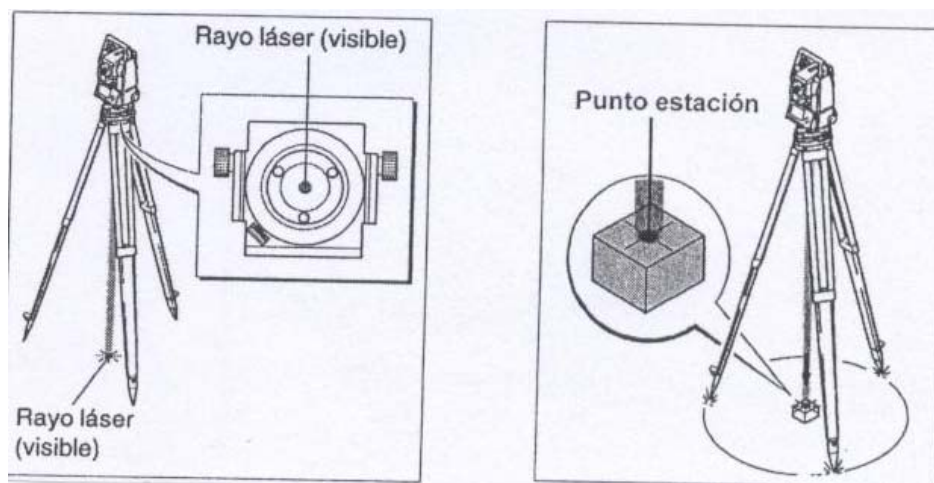
Indudablemente se puede trabajar bajando en vez de subiendo las patas; simplemente no trabajaremos sobre la pata opuesta a la burbuja si no sobre la que



se encuentra más cercana a ésta.

7. A continuación usando la plomada óptica a láser de la estación la desplazaremos sobre la plataforma del trípode hasta hacer coincidir el eje vertical del aparato, definido por la plomada, con el punto de estación fijado en el suelo.

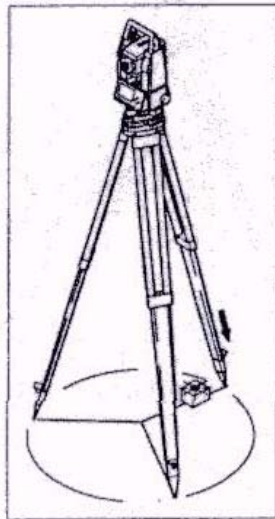
La plataforma del trípode nos permite un desplazamiento máximo del aparato sobre ella. Puede ocurrir que este desplazamiento se quede pequeño, no siendo posible colocar la estación sobre el punto deseado. Si éste nos queda a poca distancia podemos recurrir al método que explicamos a continuación para ajustar la estación sobre la vertical del punto. En caso contrario deberíamos comenzar nuevamente



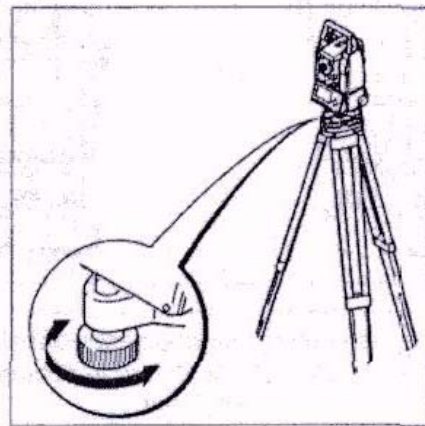
todo el proceso de estacionamiento colocando el trípode más centrado sobre el punto.

La base nivelante de los taquímetros cuentan con tres tornillos verticales, denominados nivelantes, que nos permiten inclinar en cualquier dirección el eje vertical del instrumento consiguiendo la perfecta nivelación del mismo. Recurriremos a estos tornillos para realizar el acercamiento al punto de estación. Para ello:

- Bajaremos la pata más cercana al punto de estación. El desplazamiento no debe ser excesivo.
- Corregiremos el desnivelado con el tornillo de nivelación opuesto a la pata sobre la que hemos trabajado, colando nuevamente el nivel esférico. Si el aparato está sobre el punto de estación y el nivel calado hemos conseguido nuestro objetivo. De no ser así repetiremos el proceso.



Bajamos la pata más cercana al punto

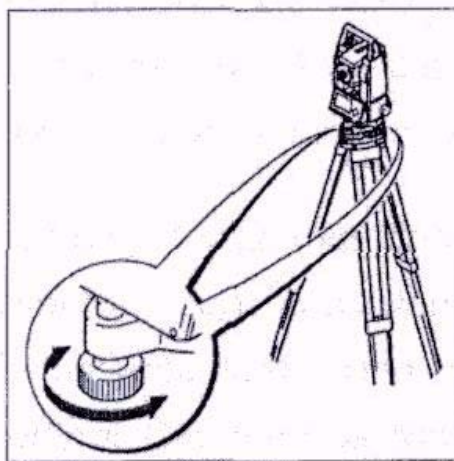


Corregimos con el tornillo nivelante opuesto a la pata

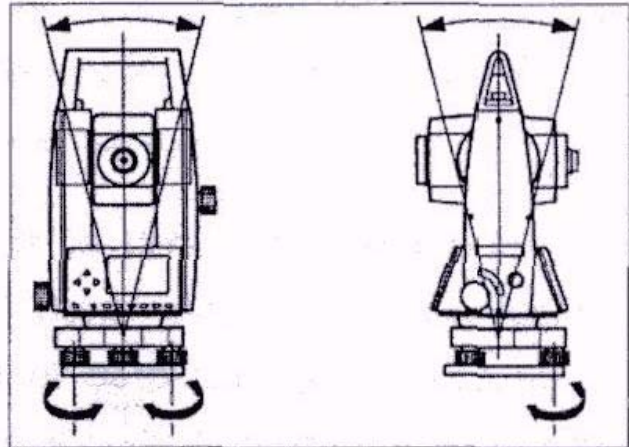
Una vez al aparato sobre el punto de estación y calado el nivel esférico deberemos ajustar de una manera más fina la horizontalidad del taquímetro. Para ello recurriremos a otro nivel con mayor precisión. Son los denominados tóricos, aunque los aparatos más sofisticados cuenta ya con niveles electrónicos.

Para calar este nivel debemos:

8. Girar la estación de manera que la burbuja del nivel tórico a la pantalla del aparato sea paralela a dos tornillos nivelantes. A continuación giraremos éstos hasta nivelar el aparato en esta dirección. Para finalizar con los niveles electrónicos simplemente actuaremos sobre el tercer tornillo calando perfectamente el nivel. Si estamos usando un nivel tórico giraremos el aparato hasta colocarlo perpendicular a la dirección de los dos tornillos que hemos usado, utilizando el tercero para calar la burbuja nuevamente. Una vez realizado éste ajuste tendremos perfectamente nivelado el instrumento.



Tornillos nivelantes



Variaciones sobre el eje vertical que producen el giro de los distintos tornillos nivelantes.

9. Por último comprobaremos que el aparato se encuentra sobre el punto de estación que habíamos seleccionado, si no fuera así lo corregiríamos.

Una vez finalizado el estacionamiento, podemos comenzar a medir los puntos deseados.

MEDICIÓN

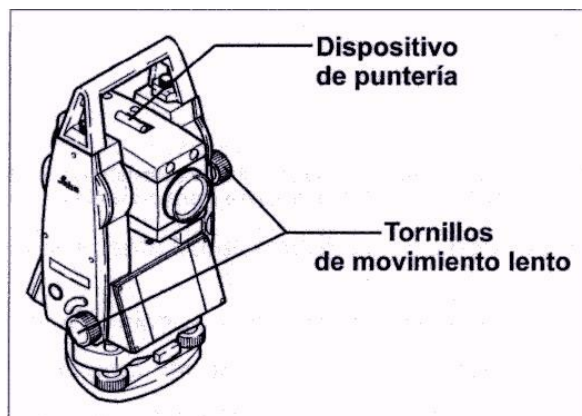
Para la obtención de los datos deseados simplemente debemos:

1. Girar el taquímetro en horizontal hasta colocarlo aproximadamente en la dirección deseada, basculando posteriormente el anteojo hasta la altura a la que se encuentra el punto a medir. Para ello los anteojos cuentan con un dispositivo de puntería que nos facilita este trabajo.

2. Observar el punto a través del ocular. Al mirar veremos un retículo: disco de vidrio que lleva grabadas unas líneas en forma de cruz. El centro de esta cruz deberemos hacerla coincidir con el punto que deseemos medir.



Para ajustar más finamente la dirección deseada los taquímetros cuentan con unos tornillos denominados de coincidencia o de movimiento lento, uno para el desplazamiento horizontal y otro en vertical. Giraremos lentamente el aparato mediante estos tornillos hasta centrarlo en el punto deseado.



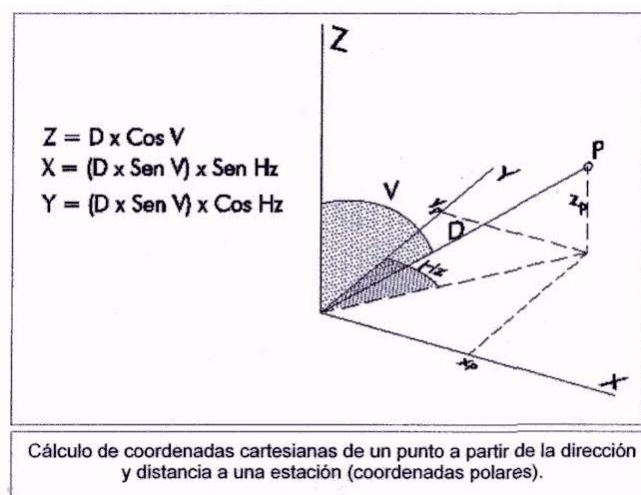
3. Por último y dependiendo del aparato utilizado realizaremos la lectura. Si se trata de una estación total simplemente pulsaremos un botón, el instrumento nos mostrará la información en la pantalla a la vez que la almacena en memoria. Si es un taquímetro convencional debemos anotar los datos de ángulos y distancia que observaremos a través de los correspondientes visores.

MÉTODOS TOPOGRÁFICOS

Existen distintos métodos topográficos para la realización de un levantamiento. El primero y más simple es el de radiación.

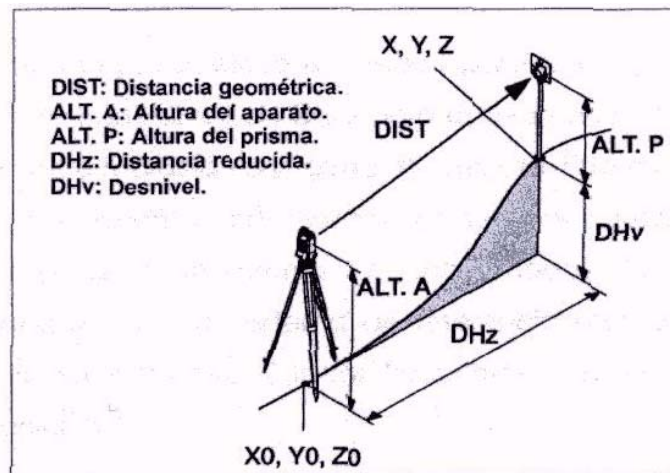
RADIACIÓN.

Este método consiste en la determinación de la posición en el espacio gracias al conocimiento de la dirección y la distancia a la que se encuentra con respecto al punto desde donde realizamos la medición. Con estos datos obtenemos las coordenadas polares de los diferentes puntos, fácilmente transformables a

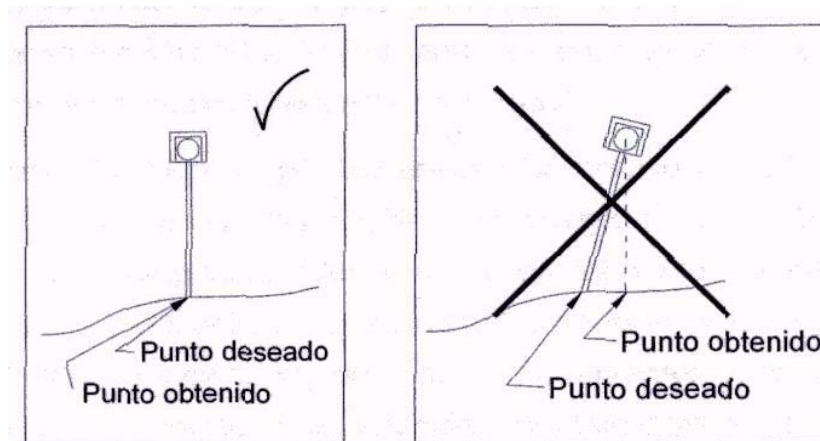


coordenadas cartesianas.

Como hemos mencionado con este método necesitamos conocer la distancia a la que se encuentran los puntos de la estación. Si el punto es accesible esto no reviste problema; un operador se colocará en el punto deseado con un prisma reflectante y realizamos la medición sobre éste. La estación total calculará la distancia geométrica (menor distancia que separa dos puntos) y conociendo la altura del aparato (ALT.A) y del prisma (ALT.P), datos que debemos indicarle, obtendrá la proyección de esta distancia en el plano horizontal, también llamada distancia reducida (DH_z) y en el vertical, conocida como desnivel (DH_v). Con estos datos y los ángulos obtenemos las coordenadas de los puntos.



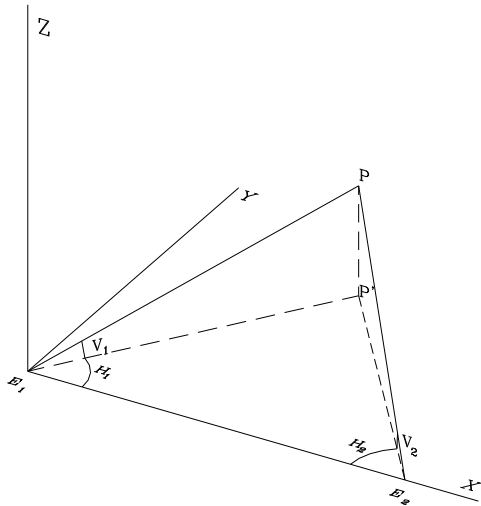
Si el prisma va colocado sobre un jalón debemos tener la precaución de situarlo en el vertical del punto. De no ser así, no conseguiríamos el resultado deseado. Para conseguir esto los jalones van provistos de un nivel esférico que debemos calar para asegurar su verticalidad.



Si el punto no es accesible no podrá colocarse ningún elemento en éste para realizar la medición de distancia. En estos casos podremos recurrir a la medición con láser, si el aparato nos lo permite, con lo cual solucionamos el problema. Si no contamos con un instrumento que permita realizar de esta forma la medición deberemos recurrir a otro procedimiento topográfico denominado intersección directa.

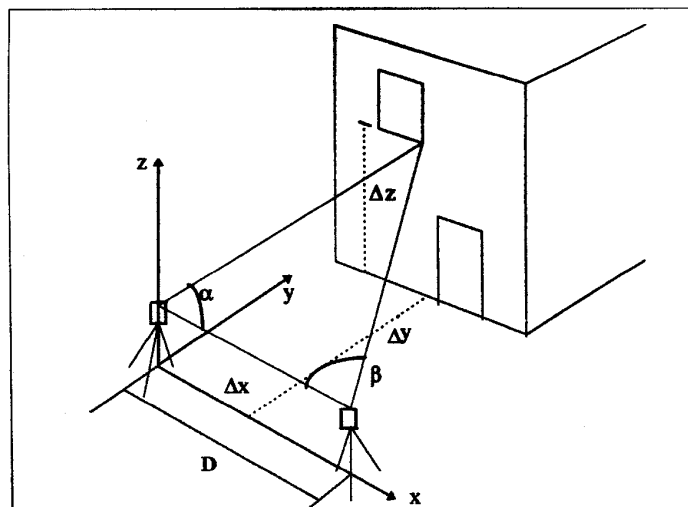
INTERSECCIÓN DIRECTA

Si observamos un punto desde dos posiciones distintas éste forma con las dos estaciones un triángulo en el espacio, el cual queda determinado por la posición de



uno de sus lados (por ejemplo el que une las dos estaciones) y los ángulos adyacentes definidos a partir de las direcciones en que se encuentra el punto a medir desde ambas estaciones. Gracias a estos datos podemos conocer la posición de puntos en el espacio.

Normalmente la intersección de visuales no se produce debido a los pequeños errores cometidos. Podemos solucionar este problema determinando la distancia mínima entre las dos rectas, lo cual nos proporciona también la magnitud del error. A veces ocurre que la lectura de una de las visuales no se hace de manera correcta, por lo que aún teniendo una bien realizada, no podemos obtener la posición del punto deseado. Para evitar el problema y sobre todo si se requiere alta precisión se puede visar el punto desde una tercera estación o incluso más, aumentando la posibilidad de la medición.

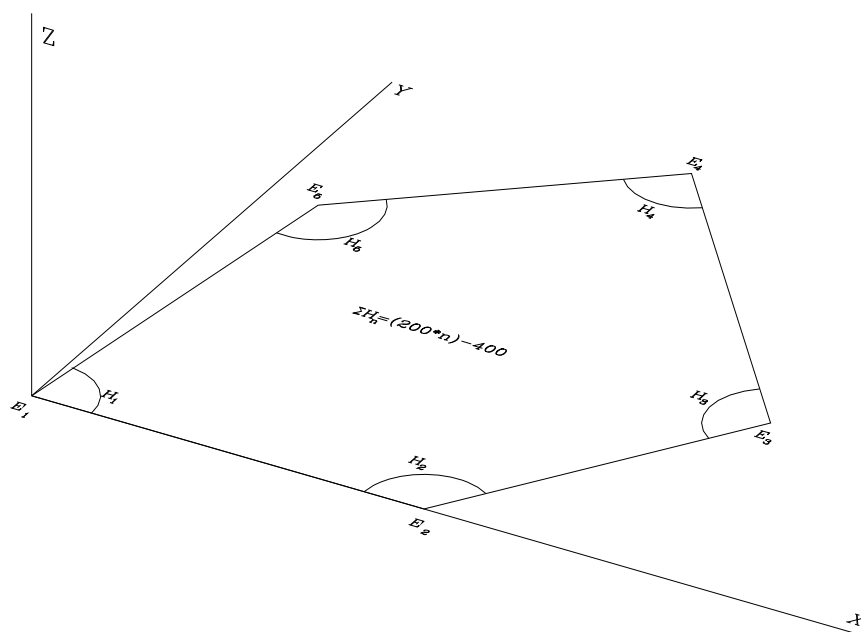


MÉTODO DE POLIGONALES

Es un método planimétrico empleado para la obtención de ciertos puntos (estaciones) que sirven de base para el levantamiento de los puntos deseados mediante radiación o intersección directa. Este método surge por la imposibilidad de levantar todos los puntos deseados desde tan sólo una estación. Gracias a él obtenemos las coordenadas de los puntos de estación con respecto a un sistema de referencia elegido, pudiendo a continuación relacionar entre sí todos los puntos conseguidos desde las diferentes estaciones.

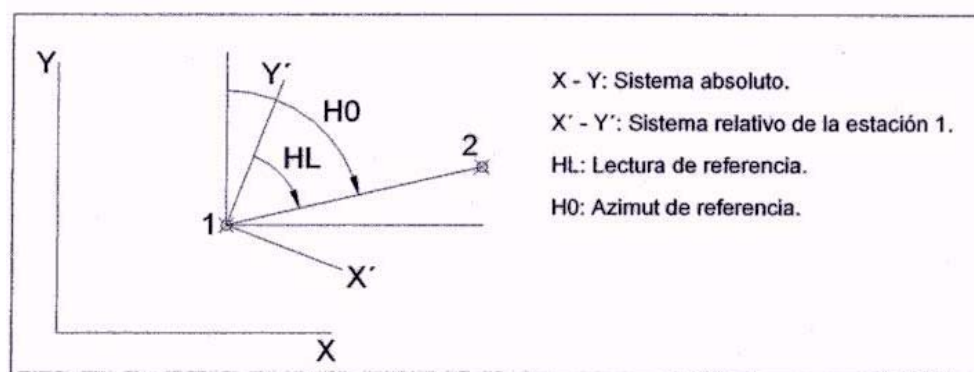
El método de poligonales consiste en definir una serie de puntos de estación dispuestas en recorrido, de tal manera, que desde cada una de ellas podamos ver la estación anterior y posterior. A este conjunto de estaciones se le denomina poligonal. Mediremos desde cada estación las direcciones y distancias con las adyacentes. Este recorrido deberá arrancar y terminar en la misma estación (poligonal cerrada) o en dos estaciones con coordenadas conocidas (poligonal encuadrada).

Partiendo desde la primera estación se calcula la posición de la siguiente por simple paso de coordenadas polares y cartesianas y giro y traslación del sistema de coordenadas local de cada estación unificándolo con el general. Conocidas las



coordenadas de la estación segunda se opera de forma sucesiva en cada una de las siguientes hasta llegar a la estación final. Las coordenadas obtenidas para ésta diferirán normalmente de las previamente conocidas dándonos una idea del error cometido en la medición. Si el error resulta tolerable según unos criterios preestablecidos, se compensa distribuyéndolo entre todas las estaciones.

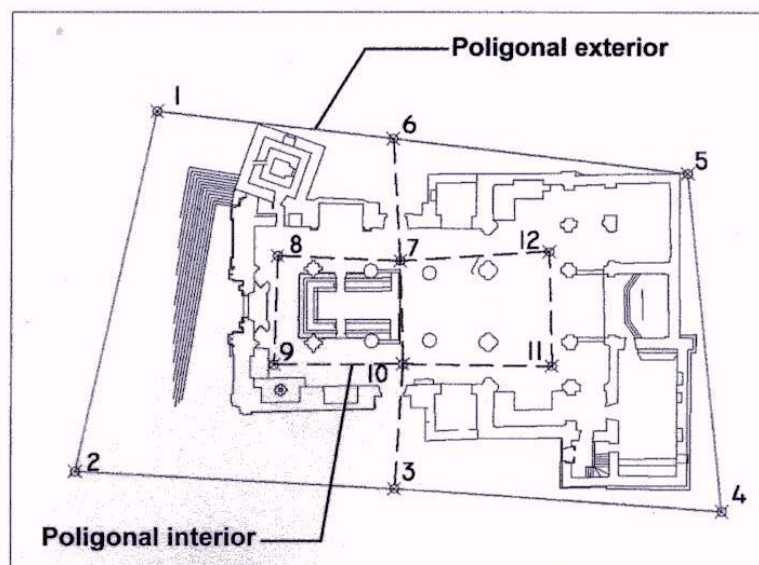
Para poder unificar los sistemas relativos de cada estación debemos realizar la medición de lo que se denomina lecturas de referencias (HL): ángulo horizontal entre una estación y un punto de coordenadas conocidas, normalmente otra estación de la poligonal. Esto nos permitirá conocer el giro necesario que debemos aplicar al sistema de coordenadas de esa estación para que coincida con el sistema de coordenadas absoluto o general. Este giro se define como azimut de referencia (HZ),



A partir de una poligonal primaria podremos medir otras secundarias o auxiliares que arranquen y terminen en estaciones de la primaria. Obteniendo el número de estaciones suficientes desde los que poder observar cualquier punto del edificio. La poligonal primaria debe establecerse de tal modo que envuelva, si es posible, todo el edificio, y que tenga el menor número de vértices o estaciones. Estas normas nos permitirán limitar los errores y evitar su acumulación.

En edificios de grandes dimensiones o de planta muy complicada y con escasas comunicaciones entre exterior e interior y en los que por tanto, al utilizar la cinta métrica en mediciones cortas y sucesivas vamos forzosamente a acumular grandes errores, es muy conveniente acudir a métodos topográficos estableciendo una o varias poligonales cuyos vértices medidos con gran precisión nos sirvan como

puntos de referencias a partir de los cuales podamos tomar medidas con cinta o utilizar los métodos de radiación o intersección directa. De esta forma tendremos siempre un control de los errores generales que quedarán limitados a los errores de la poligonal.



PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN EN CAMPO

Ya nos encontramos en disposición de realizar una medición con la ayuda de un taquímetro. Los pasos a seguir diferirán del tipo de trabajo que vayamos a realizar:

- Si se trata de una medición aislada mediante radiación de una serie de puntos desde tan sólo una estación, cuyas coordenadas no deberán definirse en un sistema concreto, simplemente estacionaremos y realizaremos la medición.
- Si se trata de un trabajo más complejo, en el que tenemos que recurrir a poligonales, el primer paso será definir las estaciones que lo conforman, tanto las primarias como las secundarias, señalándolas mediante clavos, pintura o cualquier otro método. A continuación colocaremos el taquímetro sobre la primera estación, nivelándolo y centrándolo, tal y como ha sido explicado anteriormente.

En este momento comenzaremos el registro de datos.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez obtenidos los datos de campo (dados por el taquímetro) debemos procesarlo para obtener lo que realmente nos interesa de cada punto: sus coordenadas tridimensionales definidas en un sistema, común a todos los puntos medidos para un mismo levantamiento.

Estos cálculos pueden hacerse de manera manual aunque, como podemos imaginar, existen diferentes programas informáticos que nos simplifican enormemente el trabajo. Uno de ellos es el llamado CALCO, el cual nos permite procesar los datos, calcular coordenadas y dibujar los puntos por medio de un programa de CAD. Este programa funciona con grados centesimales y sistema geodésico: 0 vertical en el zenit, 0 horizontal en la dirección del eje Y y ángulos creciendo en el sentido de las agujas del reloj.

Nosotros vamos a ceñirnos al método a seguir en la medición de campo para a continuación realizar el cálculo con la ayuda de éste programa. Simplemente debemos tener la precaución de seguir un método especial para la definición de los

datos de registro en el campo, lo cual permitirá al programa relacionarlos y calcularlos de manera automática.

Señalar que el fundamento del procedimiento de medición va a ser el mismo independientemente de cómo realicemos posteriormente el cálculo de los datos obtenidos.

REGISTRO DE DATOS

Para la correcta comprensión de éste apartado se hace indispensable conocer una serie de conceptos y abreviaturas utilizados. Estos son:

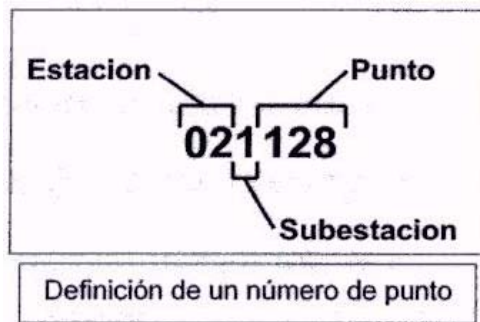
- Estación (E): Punto materializado en el terreno mediante un clavo o marca y en cuya vertical se sitúa el taquímetro. Queda definido por sus tres coordenadas.
- Subestación (S): Posicionamiento del apartado sobre una estación. Cada vez que nos coloquemos sobre una misma estación se corresponderá a una subestación diferente.
- Altura del aparato (Alt.A): distancia vertical existente entre la estación y el eje de giro del taquímetro (eje de muñones), normalmente señalado en el aparato.
- Altura de prisma (Alt.P): Distancia vertical entre el prisma y el punto que se mide.

- Punto (NP): Punto cuyas coordenadas deseamos conocer. La nomenclatura con la que definiremos será de seis dígitos, los cuales corresponden a:

Estación desde la que se visa: Esta definirá los dos dígitos.

Subestación: Definirá el tercer.

Número de punto: Éstos serán los últimos tres dígitos. El valor 000 se reserva para definir las subestaciones, por lo que o debemos utilizarlo para designar un punto.



Si un punto lo medimos desde más de una estación (para calcular sus coordenadas mediante el método de intersección directa) en cada una de las mediciones los tres últimos dígitos deben ser iguales, cambiando tan sólo los de estación y subestación.

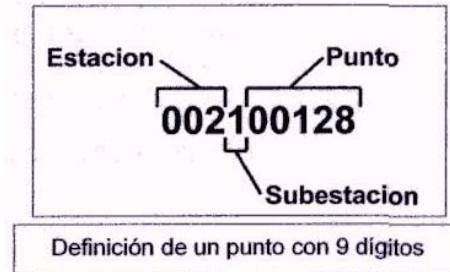
Ejemplo:

042135: Punto 135 medido desde la estación 4, subestación 2.

132135: Punto 135 medido desde la estación 13, subestación 2.

Señalar que en trabajos complejos podemos usar un mayor número de dígitos, para realizar la medición:

- 3 dígitos para estación.
- 1 para subestación.
- 5 para punto.



-- Lectura de referencia (HL): Ángulo horizontal referido al sistema del aparato medido desde una subestación a una estación u otro punto del cual se conocen las coordenadas.

Después de éste breve paréntesis volvamos al punto donde habíamos dejado la medición en campo: el registro de datos. Éste se puede realizar de diferentes formas:

- Si utilizamos un taquímetro electrónico con memoria de almacenamiento de datos simplemente recurriremos a ella.
- Si no contamos con éste adelanto debemos realizar el trabajo de manera manual apuntando todos los datos necesarios en una libreta topográfica.

Para comenzar el registro, primeramente debemos grabar los datos de subestación, los cuales nos permitirán relacionar los datos obtenidos desde ésta con los conseguidos desde las distintas estaciones que conforman la poligonal. Una subestación queda definida por la altura del instrumento sobre el punto de estación y la lectura de referencia. Por lo tanto:

1. Orientamos el aparato visando al punto de referencia escogido normalmente la estación anterior de la poligonal. El ángulo horizontal de esta medición será la lectura de referencia (HL).
2. Medimos la altura del aparato y la introduciremos en el campo de altura de prisma. Posteriormente el programa CALCO lo identificará como el dato real que es: altura de aparato.
3. Registraremos los datos de la subestación. Se nos pedirá un número de punto. Recordemos que la nomenclatura a utilizar será:

- Dos primeros dígitos correspondientes a la estación.
- El tercer número asignado a la subestación (1-9). Tan sólo se permite que existan nueve subestaciones en una estación.
- Como número de punto 000.

Ejemplo: 028000. Estación 2, subestación 8.

Pulsaremos el botón pertinente para que se graben los datos en la memoria. Tan solo registraremos los datos de ángulos, omitiendo el de distancia.

4. A continuación visando a la misma estación (la anterior) tomaremos los datos necesarios para el cálculo de la poligonal. Con número de punto indicaremos el de la estación visada.

Ejemplo: 011006. Visamos desde la estación 1, subestación 1, la estación 6.

5. Registraremos la lectura de ángulos y distancia. Si utilizamos un prisma reflector colocado en un bastón debemos indicar al apartado la altura de prisma (Alp.P). De no ser así este dato sería igual a cero.
6. Visar a la estación siguiente y repetir los dos pasos anteriores.

La operación de visar las estaciones anterior y posterior debemos realizarla en TODAS LAS ESTACIONES la primera vez que nos coloquemos sobre ella, pues estos datos son imprescindibles. SI NO TOMÁRAMOS ESTOS DATOS LA POLIGONAL NO QUEDA CERRADA Y NO ES POSIBLE CALCULARLA.

En las subestaciones sucesivas tan sólo deberemos orientar el aparato hacia el punto de referencia (la estación anterior) y empezar a medir puntos.

REGISTROS DE PUNTOS

Es el momento de comenzar a tomar datos de los puntos del objeto. Para ello:

- Visaremos el punto deseado.
- Indicaremos el número de punto que vamos a medir recordando utilizar la nomenclatura explicada.

Ejemplo: 031018. Punto 18 medido desde la estación 3, subestación1.

- Registraremos los datos. Si se trata de un punto accesible realizaremos la lectura de ángulos y distancias, sin olvidar indicar la altura de prisma. Si es un punto inaccesible, que vamos a calcular por el método de intersección directa, tan sólo registraremos los ángulos, recordando visarlo desde, al menos, otra estación.

Comentar que a cada uno de los puntos se les puede asignar un código (CD). Éste es un valor que nos permite diferenciar los distintos tipos de puntos que podamos haber tomado (puntos de relleno, puntos de poligonales, etc.) y asignarlos a una determinada capa en el programa de AutoCAD.

Una vez medidos todos los puntos visibles desde una estación, desmontaremos el aparato y repetiremos el proceso en la siguiente estación. Debemos recordar cambiar los dígitos de estación y subestación cada vez que realicemos este cambio de emplazamiento.

Si alguna vez equivocamos algún dato lo anotaremos a mano en un papel, para posteriormente realizar la corrección en el fichero correspondiente.

RESUMEN MEDICIÓN EN CAMPO

Como es fácil perderse entre tanto dato a continuación presentamos un esquema con los pasos a realizar en una medición de campo con ayuda de poligonales:

1. Definición de las estaciones que conforman las poligonales primarias y secundarias.
2. Colocación sobre una estación del taquímetro, nivelación y centrado.
3. Orientación visando a la estación anterior. Registro de ángulos y altura del aparato en la casilla altura de prisma, asignando como número de punto 000.
Ejemplo: 011000. Estación 1, subestación 1.
4. Visar las estaciones anterior y posterior, registrando los datos de ángulos y distancias. Recordar indicar la altura de prisma si éste va colocado sobre un bastón.
5. Registrar los puntos visibles desde la estación.
Si se trata de un punto inaccesible que calcularemos mediante intersección directa, registraremos tan sólo los ángulos y recordaremos asignar los mismos últimos tres dígitos a la medición sobre el mismo realizada desde otras estaciones.
Ejemplo: 011145. Punto 145 desde la estación 1, subestación 1.
023145. Punto 145 desde la estación 2, subestación 3.
6. Una vez registrados todos los puntos visibles desde esta estación desmontaremos el equipo y nos colocaremos sobre la siguiente, retornando al punto 2 de este esquema.

CÁLCULO DE DATOS

Una vez terminada la medición de puntos llega el momento de procesar los datos para obtener lo deseado: las coordenadas de los puntos medidos. Para esto recurrimos al programa CALCO.

Para arrancarlo pulsaremos sobre el acceso directo, o desde MS-DOS o una ventana de éste entraremos en el directorio C:\ CALCO y teclearemos CALCO, encontrándonos en primer lugar que nos solicita la clave de acceso.

```
*****
*                               *
*      PROGRAMA PARA CALCULO DE COORDENADAS                          *
*                               *
*      (c) A. Almagro 1991 – 2000                                ver. 4. 5. *
*****
*                               *
*      LICENCIATARIO: ANTONIO ALMAGRO GORBEA                       *
*                               *
*      TECLEE CLAVE DE ACCESO                                       *
*                               *
*****
```

A continuación debemos indicar al programa el nombre con el que vamos a designar el trabajo, permitiéndonos un máximo de ocho caracteres.

Una vez introducido el nombre, el programa crea cuatro archivos en los que se guardarán los datos. Existe la posibilidad de que el trabajo ya estuviera creado, en cuyo caso entiende que simplemente vamos a seguir

```
*****
*                               *
*      PROGRAMA PARA CALCULO DE COORDENADAS                          *
*                               *
*      (c) A. Almagro 1991 – 2000                                ver. 4. 5. *
*****
*      NOMBRE DEL TRABAJO (máximo 8 letras)..... TPICOS_
*
*      Códigos especiales:
*      <ERROR> lectura errónea; no se considera en cálculo
*      Códigos para el uso del distanciómetro DISTO de Leica:
*      < DISTO > distanciómetro centrado a 0.150 m del borde anterior. Doble colimación
*      < 9..... > distanciómetro con paralaje de 0.125 m Colimación con laser
*      < 8..... > distanciómetro con paralaje de 0.080 m Colimación con laser
*
*****
```

4. Punto de referencia. Punto visado al obtener la lectura de referencia.
5. Nos pide el azimut de referencia, que no es necesario indicar pues se calcula después a partir del cálculo de la poligonal.
6. Altura del aparato.
7. Control. Este carácter de control nos permite diferentes entradas:

INTRO : Simplemente Aceptamos los valores introducidos.

E : Nos sirve para rectificar los valores tecleados. El programa nos solicita nuevamente los datos.

ESTACIÓN:1	SUBESTACIÓN:1		
LECT.REF:216.479	PTO.REF:2	AZ.REF:	ALT.APARATO:1.567 CTL=

Pantalla inserción datos subestación manualmente

Estos datos pasan a mostrárenos en la parte superior de la pantalla. Todos ellos se guardarán en el archivo de subestaciones (SUB).

Subestación	Punto de referencia	Lectura de referencia	Azimut de referencia	Altura de aparato
E S	HL	H0	CD	ALT.A
### # 00000	###.###	###.###	0000.000	##### #.###
1 1	2	216.479	0.000	0.000
2 1	1	79.032	0.000	0.000
3 1	2	204.793	0.000	0.000
4 1	3	17.165	0.000	0.000

Archivo SUB con los datos iniciales. Como podemos observar la columna del azimut de referencia se encuentra sin valores. Cuando realicemos los cálculos se completará

Una vez validados estos datos introducimos las lecturas referentes a los puntos radiados desde esta estación. Como recordaremos lo primero que medíamos eran las estaciones anterior y posterior. Estos datos se introducen de la siguiente manera:

1. Indicaremos como número de punto (NP) el correspondiente a la estación observada.
2. Ángulo horizontal (HZ).
3. Ángulo vertical (V).
4. Distancia (DIST).
5. Altura de prisma (ALT.P). Pulsando **INTRO** se valida para el registro actual el valor dado al registro anterior.

6. Código (CD). Igual que antes pulsando simplemente **INTRO** le asignamos el valor dado en el registro anterior.

ES	S	NP	Hz	V	Dist	CD	A1
1	1	2	216.479	0.000	0.000	#####	1.567
1	1	2	216.480	98.759	35.406	PUNTOS	0.000
ESTACIÓN:1		SUBESTACIÓN:1					
NP=4	Hz=128.884		V=83.233	DIST=17.303	ALT.P=1.3	CD=	CTL=_

7. Tecla de control (CTL), que nos permite corregir errores en el teclado de datos.

Una vez introducidas las lecturas a las estaciones colindantes, continuaremos con los puntos que hayamos ido observando, que es exactamente igual. Tan sólo reseñar que si se trata de un punto medido mediante intersección directa, lógicamente el dato de distancia será 0.

Una vez hayamos introducido todos los datos tomados desde esta estación, para pasar a la siguiente pulsaremos **INTRO** cuando el programa nos solicita el número de punto, pasando a tener que indicarle el nuevo número de estación.

Una vez tecleados todos los datos al solicitarnos el programa una nueva estación, pulsaremos **INTRO** para volver al menú de introducción de datos. Pulsando nuevamente **INTRO** pasaremos al principal.

Si hemos realizado doble medición de un punto usando la regla de Bessel (vuelta de campana) debemos indicárselo con la tecla de control al programa. Esta regla consiste simplemente en realizar la medición del punto girar media vuelta en vertical el anteojo y otra media en horizontal y volver a medir. Es utilizada para obtener mayor precisión.

El proceso para introducir estos datos es muy simple:

- Escribiremos los datos de la medición derecha.
- Como carácter de control pulsaremos **D** indicándole que se trata de la medición derecha. A continuación el programa nos solicita justo en la línea inferior que introduzcamos las lecturas de los ángulos horizontal y vertical de la lectura inversa. Hecho esto el programa nos muestra los errores existentes de ambos ángulos entre las lecturas derecha e inversa.

Se vuelve a solicitar el carácter de control:

- **INTRO** para darlos por válido.
- **D** para corregir los valores de lectura derecha.
- **I** para corregir los valores de lectura inversa.

EDICIÓN DE DATOS

Una vez introducidos todos los datos podemos pasar a la edición de datos para comprobar que no hay errores y completar. Para ello seleccionaremos la opción **2** del menú principal, debiendo a continuación tan sólo elegir el fichero que deseamos editar.

EDICIÓN DE DATOS	
FICHERO DE LECTURAS	1
FICHERO DE ESTACIONES	2
FICHERO DE SUBESTACIONES	3
FICHERO DE COORDENADAS	4
OTRO FICHERO	5
TERMINAR	0
ELIJA UNA OPCIÓN	-

Es aconsejable repasar los ficheros para comprobar que no existe ninguna anomalía que impida el cálculo.

Para el cálculo de la poligonal el programa necesita conocer las coordenadas de, al menos una estación, Este dato no se lo hemos introducido aún, por lo que ahora es el momento: elegiremos la opción **2**, que nos abrirá el archivo EST.

Manualmente indicaremos en cada una de las columnas:

- Número de la estación.
- Coordenadas X, Y, Z.
- Error: (.ERR). Aquí se indicará el error cometido al calcular las coordenadas de la estación. Al ser coordenadas de partidas le introduciremos el valor: .000.
- Código: Normalmente le introduciremos el valor ESTA.

Archivo Edición Buscar Ver Opciones Ayuda					
C:\FOTOGRA~1\CALCO\TPICOS.EST					
▲ E	X	Y	Z	ER	CD
▲#####	####.###	####.###	####.###	.###	#####
1	100.000	100.000	100.000	.000	ESTA_

Archivo EST una vez introducidos los datos de una
 Salvaremos los cambios y saldremos al menú principal

CÁLCULO DE POLIGONALES

Una vez revisados los datos nos encontramos en condiciones de comenzar el cálculo. Debemos comenzar por las poligonales. Pulsaremos **4** en el menú principal.

Primeramente se nos pide la tolerancia de cierre azimutal. Esto es el error máximo que vamos a permitir en el cálculo angular de la poligonal. Introduciremos un valor que multiplicado por la raíz cuadrada del numero de vértices o estaciones lo definirá o simplemente pulsaremos **INTRO** para aceptar el valor por defecto, indicado entre paréntesis.

A continuación se nos solicita el error máximo admisible en el cálculo de coordenadas, que será igual a la longitud de la poligonal dividida por el valor que introduzcamos. Si pulsamos **INTRO** la tolerancia se fija en 1/10000 parte, el valor dado por defecto.

Seguidamente escribiremos el número de las estaciones que conforman la poligonal a calcular. Como se indica, si es una poligonal cerrada la primera y última estación debe ser la misma. La primera estación y la última, si fueran diferentes, deben tener sus coordenadas introducidas previamente en el fichero de estaciones. De no ser así

```
***** CALCULO DE POLIGONALES *****
NOMBRE DEL TRABAJO                                TPICOS
TOLERANCIA CIERRE AZIMUTAL (0.010 grad.* ' n.vertices)
TOLERANCIA COORDENADAS POLIGONAL :1/10000 de la longitud

DEFINA LAS ESTACIONES DE LA POLIGONAL POR ORDEN
SI LA POLIGONAL ES CERRADA, LA ESTACION FINAL DEBERA SER LA MISMA QUE LA INICIAL
TECLEE 0 PARA TERMINAR

ESTACION 1

1 2 3 4
```

nos aparecerá un mensaje de error.

Una vez señaladas las estaciones el programa comienza el cálculo mostrándonos en la pantalla todos los datos utilizados. Si se detecta algún error hay que corregirlo en los ficheros mediante la opción **2** del menú principal.

DATOS DE LA POLIGONAL									
E.Nº	Lec.ref.	H _z .ad.	H _z .ref.	U _z .ad.	D _z .ad.	Nº.est.	Alt.ad.	Alt.ap.	
1	216.479	216.480	0.000	98.759	0.000	35.406	5.000	0.000	1.567
E.Nº	H _z .at.	H _z .ad.	U _z .at.	U _z .ad.	D _z .at.	D _z .ad.	Alt.at.	Alt.ad.	Alt.ap.
2	79.032	182.633	106.629	105.473	35.595	20.712	0.000	0.000	1.443
E.Nº	H _z .at.	H _z .ad.	U _z .at.	U _z .ad.	D _z .at.	D _z .ad.	Alt.at.	Alt.ad.	Alt.ap.
3	204.793	293.149	104.015	95.253	20.678	33.682	0.000	1.300	1.634
E.Nº	H _z .at.	H _z .ad.	U _z .at.	U _z .ad.	D _z .at.	D _z .ad.	Alt.at.	Alt.ad.	Alt.ap.
4	17.166	137.621	108.508	123.414	33.934	17.901	0.000	0.000	1.670
E.Nº	H _z .at.	Lec.ref.	U _z .at.	H _z .ref.	D _z .at.		Alt.at.		Alt.ap.
1	120.884	216.479	83.233	0.000	17.303	0.000	1.300	0.000	1.567
PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR									

El programa calcula el error de cierre de azimutes y el error de coordenadas. Si los errores superan la tolerancia emite un mensaje de advertencia. Seguidamente presenta las coordenadas de las estaciones, una vez compensado los errores y pregunta si se desea imprimirlas y grabarlas en el archivo correspondiente.

Tol. Azimutal = 0.022		Error cierre Azimutal = 0.008		Error en Z= 0.002	
Tol. en Coord.= 0.011		Error de cierre Coord.= 0.024			
DESEA IMPRIMIRLO (S/N) <N>			DESEA GRABAR LOS RESULTADOS (S/N) <S>		
Estacion	1	X= 100.000	Y= 100.000	Z= 100.000	
Estacion	2	X= 99.992	Y= 135.404	Z= 102.256	
Estacion	3	X= 79.385	Y= 136.572	Z= 101.923	
Estacion	4	X= 83.615	Y= 103.233	Z= 104.769	
Estacion	1	X= 100.000	Y= 100.000	Z= 100.000	

Si contestamos afirmativamente a la última opción estos valores quedan guardados en el fichero de estaciones, lo cual podemos comprobar con la opción **2** del menú principal.

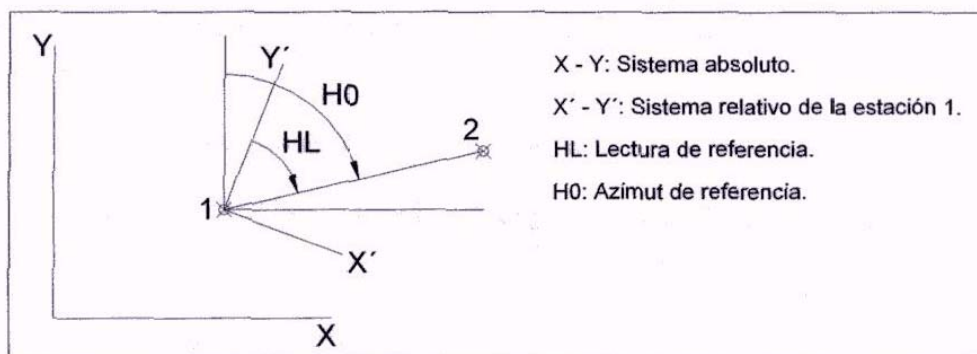
En la columna de error (ER) nos aparece la parte correspondiente a esa estación del error XY de cierre de la poligonal, que se ha repartido proporcionalmente a la longitud de ésta.

E	X	Y	Z	ER	CD
#####	####.###	####.###	####.###	.###	#####
1	100.000	100.000	100.000	.000	ESTA
2	99.992	135.404	102.256	.008	ESTA
3	79.385	136.572	101.923	.005	ESTA
4	83.615	103.233	104.769	.008	ESTA

CÁLCULO DE AZIMUTES DE REFERENCIA

El siguiente paso es el cálculo de los azimutes de referencia. Los puntos medidos desde cada estación tendrán sus coordenadas referidas a un sistema de coordenadas relativo (local), diferente en cada una de ellas. Para poder relacionar puntos medidos desde diferentes estaciones necesitamos que sus coordenadas estén referidas a un mismo sistema. Para conseguir esto lo que debemos calcular es el giro que debemos aplicar a cada uno de los sistemas de coordenadas relativos (uno por cada estación), para que coincida con el sistema absoluto elegido.

A este giro se le denomina azimuth de referencia, el cual se calcula gracias a las lecturas de referencias tomadas y las coordenadas de las estaciones.



Es necesario que tanto la estación como el punto de referencia tengan sus coordenadas en el fichero de estaciones (EST). Como norma suele ser conveniente para evitar errores y olvidos, tomar siempre como punto de referencia la estación anterior a la poligonal.

Para comenzar el cálculo seleccionamos la opción **5** del menú principal:

En primer lugar nos pregunta si el cálculo se realiza de manera manual o automática.

CALCULO DE AZIMUTES DE REFERENCIA	
HOMBRE DEL TRABAJO	TPICOS
MANUAL <0> O AUTOMATICO <1>	

Si en la columna NP del archivo de subestaciones (SUB) se indica el punto al que se ha tomado la referencia podemos realizar el cálculo de azimutes de manera automática con la opción **1**.

Si hemos introducido a mano los valores recordaremos que al indicar los datos de subestación hemos escrito la lectura de referencia y el punto observado al tomar esa lectura (PTO.REF), que es el valor que se almacena en la columna NP. Sin embargo si los datos se ha descargado directamente desde la estación en el archivo de subestaciones (SUB) esta columna esta vacía, por lo que el programa no sabe este valor. Para solucionar esto podemos:

1. Editar el archivo con la opción **2** del menú principal y rellenar estos datos, realizando el cálculo de azimutes de manera automática (opción **1**).
2. Realizar el cálculo de azimutes de manera manual. Para ello:
 - Pulsaremos **0** e **INTRO** a la pregunta de manual o automático.
 - Indicaremos el número de la estación.
 - El de la subestación.
 - Número de la estación a la que se visó al tomar la referencia. Si ésta no tiene coordenadas emite un mensaje de error.

El programa nos muestra el azimut calculado. Estos valores se graban automáticamente en el fichero de subestaciones (SUB).

CALCULO DE AZIMUTES DE REFERENCIA			
NOMBRE DEL TRABAJO	TPICOS		
NUMERO DE LA ESTACION (0 PARA SALIR).....	1		
NUMERO DE LA SUBESTACION (0 PARA NUEVA ESTACION).....	1		
NUMERO DE LA ESTACION A LA QUE SE TOMO REFERENCIA DESDE 1	2		
AZIMUT DE REFERENCIA DE LA ESTACION	1	SUB. 1 A ->	2 399.986

SELECCIÓN DE PUNTOS A CALCULAR

Antes de comenzar el cálculo de coordenadas tenemos la posibilidad de hacer una selección de puntos, si no deseamos calcular las coordenadas de todos los que se encuentran en el fichero de lecturas (LEC). Para ello seleccionaremos la opción **6** del menú principal.

El programa nos permite seleccionar por bloques, indicando el punto inicial y el punto final, o punto a punto contestando pulsando **INTRO** a la pregunta **al No...>**

SELECCION DE PUNTOS A CALCULAR									
PUNTO No...>1		al No...>10							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

CÁLCULO DE COORDENADAS DE PUNTOS

Para realizar este paso es necesario haber calculado previamente las coordenadas y azimutes de referencias de todas las estaciones desde las que se hayan medido puntos que se vayan a calcular.

Una vez seleccionada la opción 7 del menú principal, el programa nos pregunta si queremos calcular tan sólo los puntos seleccionados. Si pulsamos **S** calcularemos los seleccionados, simplemente **INTRO** para todos.

NOMBRE DEL TRABAJO	TPICOS
¿CALCULA SOLO PUNTOS SELECCIONADOS? <N>	-

En pantalla van apareciendo las coordenadas de los puntos con el error y el código de cada punto. El programa calcula indistintamente puntos radiados o puntos

227	93.134	119.336	105.663	.005	00
228	94.817	119.714	105.692	.005	00
229	101.873	116.611	105.757	.005	00
230	95.724	113.554	105.431	.005	00
231	94.683	111.982	104.994	.005	00
232	94.409	110.687	105.094	.005	00
233	93.547	102.474	105.537	.005	00
234	84.718	104.521	105.528	.005	00
235	83.119	97.759	105.362	.005	00
236	95.046	95.534	105.230	.005	00
237	94.210	91.803	105.013	.005	00
238	92.084	92.193	105.636	.005	00
239	90.765	92.405	105.429	.005	00
240	90.737	92.335	105.422	.005	00
241	79.249	93.846	110.458	.005	00
242	81.229	102.545	110.641	.005	00
243	80.265	98.698	112.050	.005	00
244	80.779	100.928	110.502	.005	00
245	79.589	95.835	110.304	.005	00

intersecados. Si un punto de estos tuviera visuales desde más de dos estaciones, el programa calcula simultáneamente con todas las visuales por el procedimiento de distancia mínima entre cada dos visuales y toma coordenadas del valor medio de las de los puntos medios de tales distancias. En el caso de haber visado el punto desde más de dos estaciones es posible realizar el cálculo con sólo algunas de ellas. Para ello se deben inhabilitar la que no se desee utilizar asignándoles como código (CD): ERROR, mediante el editor (opción **2** del menú principal). De este modo se pueden depurar errores cuando se tienen más de dos visuales. Los valores de los puntos se almacenan en el fichero de coordenadas (COR).

■ NP	X	Y	Z	ER	CD
#####	####.###	####.###	####.###	.###	#####
5	89.558	76.838	102.810	.005	00
2	99.993	135.399	102.257	.005	00
4	83.609	103.231	104.772	.005	00
100	95.921	91.498	101.587	.005	00
101	94.845	91.702	101.585	.005	00
102	94.955	92.533	101.568	.005	00
103	95.562	94.714	101.567	.005	00
104	95.556	94.693	101.567	.005	00
105	95.766	95.841	101.567	.005	00
106	92.142	94.258	101.567	.005	00
107	94.598	96.050	101.567	.005	00
108	94.599	96.059	101.567	.005	00
109	90.626	93.389	101.043	.005	00

Muestra de un archivo COR

Señalar que el error (ER) que nos aparece en el archivo se corresponde en puntos radiados con el error sistemático del aparato: 5 mm + 5 ppm. En puntos intersecados es el valor medio del error de las distancias mínimas entre las distintas visuales.

TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS

Una vez calculados los puntos en un mismo sistema de coordenadas con esta opción (**8** del menú principal) tenemos la posibilidad de transformarlas a un nuevo sistema de coordenadas. Primeramente debemos indicar el nombre del archivo donde deseamos se guarden los datos de estas nuevas coordenadas. Si simplemente pulsamos **INTRO** tomará el que tiene por defecto entre corchetes.

```
*****TRANSFORMACION DE HELMERT*****
NOMBRE DEL NUEVO FICHERO <TPICOS.HEL>.....
```

El nuevo sistema de coordenadas lo podemos definir de dos formas:

1. Por un punto del fichero de coordenadas (COR), al que se asignan nuevas coordenadas y otro que define un eje. El método a seguir es:
 - Elegir la opción **1**.
 - Indicar el punto origen del nuevo sistema.
 - Asignarle las nuevas coordenadas. Por defecto tiene 100 para X e Y, sin modificar la Z.
 - A continuación indicamos el número de punto que define un eje.
 - Señalamos el eje definido (X o Y).

```
*****TRANSFORMACION DE HELMERT*****
NOMBRE DEL NUEVO FICHERO <TPICOS.NEL>.....
NOMBRE DEL NUEVO FICHERO <TPICOS.NEL>..... TPICOS.NEL
TRANSFORMACION CON UN PUNTO COMO ORIGEN Y OTRO DEFINIENDO UN EJE ..... 1
TRANSFORMACION CON DOS PUNTOS CON COORDENADAS CONOCIDAS EN AMBOS SISTEMAS .. 2
ELIJA UNA OPCION      1

NUMERO DE PUNTO ORIGEN DEL NUEVO SISTEMA ..... 100
COORDENADAS DEL ORIGEN <100,100,Z0> .....

NUMERO DE PUNTO POR EL QUE PASA UN EJE ..... 106
ESTE PUNTO DEFINE EL EJE X O EL Y      (X/Y) ..... X_
```

En pantalla aparecen las nuevas coordenadas de los puntos que se almacenan en el archivo seleccionado. El sistema de transformación utilizado es el de Helmert.

2. Por dos puntos con coordenadas conocidas en el nuevo sistema:
 - Seleccionamos la opción **2**.
 - Indicamos el número del primer punto.
 - Escribimos las coordenadas en el nuevo sistema. Si queremos modificar la Z escribiremos, como se nos indica, 999 para este valor.
 - A continuación marcamos el número del segundo punto.
 - Coordenadas X e Y de este segundo punto en el nuevo sistema.
 - Por último nos permite escalar, si deseamos, los puntos para que coincidan perfectamente en las coordenadas indicadas. Si es así pulsaremos **S** e **INTRO**.

La coordenada Z se transforma de acuerdo a la Z indicada para el primer punto.

TRANSFORMAR FICHERO DE PUNTOS

```
*****
PROGRAMA PARA TRANSFORMACION DE COORDENADAS
(c) A. ALMAGRO 1991-2000                               Ver.4.5
*****

NOMBRE DEL TRABAJO ----- TPICOS

A AUTOCAD ..... 1
A ADAM MPS2 V.2.x ..... 2
A LEICA SD2000 ..... 3
A ORIENT ..... 4
A USD ,,, ..... 5

ELIJA UNA OPCION ..... _
```

Esta es la última opción del programa. Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos en el sistema que nos interesa es el momento de exportarlos. Tenemos varias posibilidades: crear un archivo DXF (archivo de dibujo para AutoCAD), o crear un archivo de puntos con los diferentes formatos de los distintos sistemas fotogramétricos.

Para el archivo de AutoCAD seleccionaremos la opción 1 .

- Señalaremos el nombre del archivo de coordenadas.
- El nombre del archivo de salida.
- Plano de dibujo. Si deseamos que sea tridimensional o que simplemente se adapte a un plano, eliminando la tercera coordenada.
- Altura de texto. Por cada punto el programa indicará un texto con su número de punto y cota. La cota, si es un dibujo tridimensional se corresponde con la coordenada Z. Si es un dibujo plano será el valor de la coordenada no representada. El dato de altura de texto indicará el tamaño de estos rótulos.

```
Nombre del archivo de coordendas >TPICOS.COR<..          TPICOS.NEL
Nombre del archivo de salida >TPICOS.DXF<.....
Plano de dibujo XY, XZ, YZ, XYZ <XYZ> ...
Altura del texto (0.2) .....

PROCESANDO PUNTO Nº 741
741 PUNTOS TRASFORMADOS

OPRIMA UNA TECLA PARA CONTINUAR
```

Los puntos se dibujan en capas diferentes con el nombre del código (CD) de éstos. Los números de puntos se dibujan en capas cuyo nombre comenzará con el código del punto seguido de _RÓTULO. Las cotas lo harán en otra capa con idénticas condiciones: el código seguido de _COTAS.

INSTALACIÓN DEL PROGRAMA CALCO

Basta con copiar el archivo CALCO.EXE en un directorio que se puede nombrar con el mismo nombre. Es aconsejable trabajar con los archivos de datos en ese mismo directorio, y crear un acceso directo al programa desde el escritorio.